

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



日本特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 4月 6日

出願番号  
Application Number:

特願2001-108185

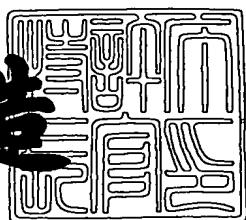
出願人  
Applicant(s):

株式会社ミツトヨ

2001年 7月 5日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3062122

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P413

【提出日】 平成13年 4月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01D 5/00

【発明の名称】 光スポット位置センサ及び変位測定装置

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社  
ミツトヨ内

【氏名】 青木 敏彦

【特許出願人】

【識別番号】 000137694

【氏名又は名称】 株式会社ミツトヨ

【代理人】

【識別番号】 100092820

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊丹 勝

【電話番号】 03-5216-2501

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-207981

【出願日】 平成12年 7月10日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026893

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特2001-108185

【包括委任状番号】 9706819

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スポット位置センサ及び変位測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

この基板上に堆積されて互いに絶縁分離された半導体層により形成され、所定ピッチで配列された複数の受光素子と  
を備えたことを特徴とする光スポット位置センサ。

【請求項2】 前記複数の受光素子は、一次元配列された受光素子アレイを構成している

ことを特徴とする請求項1記載の光スポット位置センサ。

【請求項3】 前記複数の受光素子は、

前記基板上に第1軸方向に配列された第1の受光素子アレイと、  
この第1の受光素子アレイ上に層間絶縁膜を介して形成された、第1軸と直交する第2軸方向に配列された第2の受光素子アレイとを有する  
ことを特徴とする請求項1記載の光スポット位置センサ。

【請求項4】 前記複数の受光素子の出力信号を順次走査して光スポット位置を検出する走査検出回路を有する

ことを特徴とする請求項1記載の光スポット位置センサ。

【請求項5】 前記複数の受光素子の端子電極が共通に接続された出力信号線と、この出力信号線に接続された検出回路とを備え、光スポットを光パルスとして与えて、この光パルス照射から前記検出回路の検出出力が得られるまでの遅延時間により、位置判定を行うようにした

ことを特徴とする請求項1記載の光スポット位置センサ。

【請求項6】 測定軸に沿ってスケール目盛りが形成されたスケールと、このスケールに対して測定軸方向に相対移動可能に取り付けられてスケール目盛りを読み取るセンサヘッドと、前記センサヘッドとスケールとの間の相対位置状態を光学的に検出するために前記センサヘッドに搭載された請求項1～5のいずれか1項記載の光スポットセンサが組み込まれた状態検出装置と  
を備えたことを特徴とする変位測定装置。

【請求項7】 前記状態検出装置は、

前記センサヘッドに設けられた請求項1乃至5のいずれかに記載の光スポット位置センサと、

前記センサヘッドに設けられて前記スケールを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームを出力する光源とを備えて構成されていることを特徴とする請求項6記載の変位測定装置。

【請求項8】 前記状態検出装置は、前記光スポット位置センサで検出される光スポットの位置により前記センサヘッドとスケールとの間の傾き及びギャップ並びに前記スケールに対する前記センサヘッドの原点位置の少なくとも一つを検出する状態検出手段を更に備えたものであることを特徴とする請求項7記載の変位測定装置。

【請求項9】 前記光スポット位置センサは、干渉縞の検出により前記センサヘッドとスケールとの間の平行面内での回転を検出するものであることを特徴とする請求項7記載の変位測定装置。

【請求項10】 測定すべきワークと対向配置されて前記ワークの表面に沿って前記ワークとは非接触に移動されるカンチレバーと、

このカンチレバーの先端に搭載された請求項1～5のいずれか1項記載の光スポット位置センサと、

前記カンチレバーの先端に搭載されて前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームを出力する光源とを備えてなることを特徴とする変位測定装置。

【請求項11】 前記光源から出力され前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームの前記光スポット位置センサでの検出位置に基づいて前記ワークの表面性状を検出する検出手段を更に備えたことを特徴とする請求項10記載の変位測定装置。

【請求項12】 前記カンチレバーに設けられて前記カンチレバーの先端を前記ワークとの対向方向に変位させる変位デバイスと、

前記光源から出力され前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームの前記光スポット位置センサでの検出位置が常に一定の位置となる

ように前記変位デバイスをフィードバック制御する変位制御手段と、この変位制御手段の前記変位デバイスへのフィードバック信号に基づいて前記ワークの表面性状を検出する検出手段と  
を更に備えたことを特徴とする請求項10記載の変位測定装置。

【請求項13】 前記カンチレバーに設けられて前記カンチレバーの先端を前記カンチレバーのねじれ方向に変位させる変位デバイスと、

前記光源から出力され前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームの前記光スポット位置センサでの検出位置が常に一定の位置となるように前記変位デバイスをフィードバック制御する変位制御手段と、

この変位制御手段の前記変位デバイスへのフィードバック信号に基づいて前記ワークの表面性状を検出する検出手段と

を更に備えたことを特徴とする請求項10記載の変位測定装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

この発明は、光スポットの位置検出を行うセンサ及びそれを用いた変位測定装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

光スポットの入射位置を検出するセンサを構成しようとする場合、例えば既存のCCDなどのイメージセンサを用いることが考えられる。この種の光スポット位置センサは、2つの部材のうちの一方に光ビームを出力する光源と共に設けられ、光源から出力された光ビームが他方の部材から反射されて光スポット位置センサに入射される。このときの入射位置で2つの部材の傾きやギャップ等を検出することが理論的には可能である。

##### 【0003】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した既存のCCDを実際の変位測定装置に組み込んだ例はない。CCDを小型の変位測定装置のエンコーダ部分に組み込もうとすると、サ

イズに制約があるため小型化することができない、任意の形状にすることができない、任意の受光ピクセルサイズにすることができない、コストが高くなる、実際の精度に影響されるといった問題が生じる。

【0004】

この発明は、上記の点に鑑みなされたもので、サイズの制約がなく、任意の形状及び受光ピクセルサイズとすることができます、精度の良い光スポット位置の検出が可能な、コスト低減を図ることができる光スポット位置センサを提供することを目的とする。

本発明はまた、そのような光スポット位置センサを組み込むのに好適な変位測定装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る光スポット位置センサは、基板と、この基板上に堆積されて互いに絶縁分離された半導体層により形成され、所定ピッチで配列された複数の受光素子とを備えたことを特徴とする。

【0006】

この発明において、光スポット位置センサが一次元位置を検出するものである場合には、複数の受光素子は、一次元配列された受光素子アレイにより構成される。また、光スポット位置センサが二次元位置を検出するものである場合には、複数の受光素子は、基板上に第1軸方向に配列された第1の受光素子アレイと、この第1の受光素子アレイ上に層間絶縁膜を介して形成された、第1軸と直交する第2軸方向に配列された第2の受光素子アレイとから構成される。

【0007】

この発明に係る変位測定装置は、測定軸に沿ってスケール目盛りが形成されたスケールと、このスケールに対して測定軸方向に相対移動可能に取り付けられてスケール目盛りを読み取るセンサヘッドと、前記センサヘッドとスケールとの間の相対位置状態を光学的に検出するために前記センサヘッドに搭載された状態検出装置とを備えたことを特徴とする。

【0008】

状態検出装置は好ましくは、上述した光スポット位置センサをセンサヘッドに設け、更にセンサヘッドにスケールを介して光スポット位置センサに入射される光ビームを出力する光源とを備えることにより構成される。

## 【0009】

光スポットの一次元或いは二次元位置を検出するには、CCDイメージセンサやMOS型イメージセンサがそのまま適用可能である。これらは、単結晶シリコン基板に受光ダイオードを配列形成すると共に、それらの各受光ダイオードの出力を転送して取り出すためのCCDやMOS型スイッチを形成して構成される。一次元位置を検出するのであれば、1ラインのCCDのみで可能である。

## 【0010】

しかし、これらの既存のCCDセンサやMOSセンサは、光スポットの位置検出に利用するには、構造や製造プロセスが複雑であり、高価である。この発明による光スポット位置センサは、適当な基板上に堆積した半導体層を用いて互いに絶縁分離された受光素子アレイを形成して得られる。従って構造や製造プロセスも簡単であり、任意の形状、大きさのものが容易に製造できる。そしてこの様な光スポット位置センサを用いて変位測定装置に状態検出装置を組み込むことにより、センサヘッドとスケールの組み立て状態を簡便に判定することが可能になる。

## 【0011】

この他、本発明に係る変位測定装置は、測定すべきワークと対向配置されて前記ワークの表面に沿って前記ワークとは非接触に移動されるカンチレバーと、このカンチレバーの先端に搭載された請求項1～5のいずれか1項記載の光スポット位置センサと、前記カンチレバーの先端に搭載されて前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームを出力する光源とを備えてなることを特徴とする。

## 【0012】

この場合、例えば前記光源から出力され前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームの前記光スポット位置センサでの検出位置に基づいて前記ワークの表面性状を検出する検出手段を更に備えたものであることが好

ましい。

【0013】

この他、望ましくは前記カンチレバーに設けられて前記カンチレバーの先端を前記ワークとの対向方向又は前記カンチレバーのねじれ方向に変位させる変位デバイスと、前記光源から出力され前記ワークを介して前記光スポット位置センサに入射される光ビームの前記光スポット位置センサでの検出位置が常に一定の位置となるように前記変位デバイスをフィードバック制御する変位制御手段と、この変位制御手段の前記変位デバイスへのフィードバック信号に基づいて前記ワークの表面性状を検出する検出手段とを更に備える。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、この発明の実施の形態を説明する。

図1は、一次元的な光スポット位置検出を行う光スポット位置センサ1の構成例を示す平面図であり、図2はそのA-A'断面図である。位置センサ1は、基板10上に、ストライプ状の受光素子（フォトダイオード）PDをx軸方向に配列形成してなる受光素子アレイPDAを有する。

【0015】

基板10は、この例の場合ガラス基板等の透明基板である。この基板10上には共通下部電極となる透明電極11が形成される。この透明電極11上に、p型アモルファス半導体層12、i型アモルファス半導体層13、n型アモルファス半導体層14及び上部電極15を順次堆積し、これらの積層膜をパターニングすることにより、各フォトダイオードPDが絶縁分離され、所定ピッチで配列される。受光素子アレイPDA上は保護膜16により覆われる。

【0016】

透明電極11は、ITO, SnO<sub>2</sub>, ZnO等から選ばれる。アモルファス半導体は代表的にはSiであるが、CdS, ZnS等、他の材料が用い得る。またフォトダイオード構造は、pin構造の他、pn構造であってもよい。

【0017】

この位置センサ1の場合、図1及び図2に示すように、基板10の裏面側から

光スポットが入射される。このとき、受光素子アレイ PDA のどの受光素子に出力が得られるかを検出することにより、光スポットの x 軸方向の入射位置がわかる。この位置検出は、各受光素子 PD の端子を走査型検出回路 20x により順次走査して受光出力の有無を検出することにより、可能である。

なお光スポットの位置検出の分解能は、受光素子アレイ PDA の配列ピッチで決まる。測定しようとする光スポットの直径を D としたとき、受光素子アレイ PDA の素子配列ピッチ  $\lambda$  は、少なくとも、  $\lambda/2 \leq D$  とし、好ましくは  $\lambda \leq D$  とする。直径 D が大き過ぎると、位置検出が難しくなる。しかしその様な場合でも、複数の受光素子の出力信号を二次元プロファイルとして捕らえ、ガウス分布に当てはめて、このガウス分布から光スポット位置の中心位置を特定することができる。また、ガウス分布のあてはめを行い補間する以外に、sinc 関数 ( $\sin \pi x / \pi x$ ) のあてはめ、スプライン曲線やベジェ曲線等の自由曲面などのあてはめを行い、補間することにより、より精密にスポット位置の中心位置を特定することができる。

#### 【0018】

図3は、二次元的な光スポット位置センサ2の構成例を示す平面図であり、図4はそのB-B'断面図である。この位置センサ2は、基板10上に、二つの受光素子アレイ PDA1, PDA2を積層することにより構成される。第1の受光素子アレイ PDA1は、先の図1及び図2で説明したものと同様に、ストライプ状の受光素子PDをx軸方向に配列して形成されている。このとき、各受光素子PDの上部電極15aは、透明電極とする。第2の受光素子アレイ PDA2は、やはりリストライプ状のフォトダイオードPDからなり、第1の受光素子アレイ PDA1上に、層間絶縁膜16を介して重ねられて、y軸方向に所定ピッチで配列形成される。

#### 【0019】

第2の受光素子アレイ PDA2は、透明電極からなる共通下部電極21上に、p型アモルファス半導体層22, i型アモルファス半導体層23, n型アモルファス半導体層24及び上部電極45を順次堆積し、これらの積層膜をバターニングすることにより、各フォトダイオードPDが絶縁分離される。全体は保護膜2

6により覆われる。

【0020】

この二次元の位置センサ2の場合も、基板10の裏面から光スポットが入射される。光スポットの二次元位置検出は、第1の受光素子アレイPDA1の出力を走査して検出する走査検出回路20xと、第2の受光素子アレイPDA2の出力を走査して検出する走査検出回路20yにより可能である。

【0021】

図5は、位置センサ1の他の構造例を、図2に対応させて示している。この構造は、各受光素子PDを絶縁膜に形成した溝への埋め込みにより形成したものである。即ち、基板10には透明電極11とp型アモルファス半導体層12を全面形成して、この上に絶縁膜31を堆積する。この絶縁膜31にエッティングによりストライプ状の溝32を所定ピッチで形成する。そしてこの溝32に、i型アモルファス半導体層13、n型アモルファス半導体層14及び上部電極15を順次埋め込むことにより、受光素子アレイPDAが形成される。

【0022】

同様の埋め込み法による構造は、二次元の位置センサ2についても適用できる。図6はその様な構造例を、図4に対応させて示している。第1の受光素子アレイPDA1は、図5で説明したと同様に、絶縁膜に形成した溝への埋め込みにより形成される。この第1の受光素子アレイPDA1を覆う保護膜16の上に、透明電極からなる共通下部電極21及びp型アモルファス半導体層22を順次形成し、更にその上に絶縁膜33を堆積し、この絶縁膜33にエッティングによりストライプ状の溝34を形成する。そしてこの溝34に、i型アモルファス半導体層23、n型アモルファス半導体層24及び上部電極25を順次埋め込んで、第2の受光素子アレイPDA2が形成される。

【0023】

ここまで例は、基板10を透明基板として、基板10の受光素子アレイを形成した面と反対側の面を光スポットの入射面とした。これに対し、各受光素子の上部電極を透明電極として、この上部電極側を光スポットの入射面としてもよい。この場合には、基板は透明基板でなくてもよい。また、基板10として、フレ

キシブル樹脂基板を用いることもできる。

【0024】

図7は、別の位置検出の手法を適用した例を、二次元位置センサ2について示している。この場合、各受光素子アレイPDA1, PDA2の端子電極は共通に出力信号線41x, 41yに接続される。これらの出力信号線41x, 41yにそれぞれ検出回路42x, 42yが接続される。光スポットは、光パルス発生器43により、駆動パルス信号により光パルスとして発生される。駆動パルス信号は、検出回路42x, 42yに基準信号として入る。

【0025】

検出回路42x, 42yは、出力信号線41x, 41yに得られる受光信号を検出する。検出回路42x, 42yはまた、図8に示すように、光パルス発生のタイミングからの検出出力が得られるまでの遅延時間 $\tau$ を検出する。各軸方向の複数の受光素子の端子電極が共通の出力信号線41x, 41yに接続されているから、検出回路42x, 42yから離れた位置ほど、遅延時間 $\tau$ が大きい。従ってこの遅延時間 $\tau$ を検出することにより、光スポットがx, y軸方向のどの位置に当たったかを判定することができる。

【0026】

次に、以上のような光スポット位置センサを用いて、変位測定装置のスケールとセンサヘッドの組み立て状態を検出するための状態検出装置を構成した例を以下に説明する。変位測定装置としては、測定軸に沿ってスケール目盛りが形成されたスケールと、このスケールに対して測定軸方向に相対移動可能に取り付けられてスケール目盛りを読み取るセンサヘッドとを備えたものが知られている。この様な変位測定装置の基本構成は、光学式、静電容量式、磁気式のいずれでも用いられる。

【0027】

これらの変位測定装置では、スケールとセンサヘッドの組み立て状態により性能が大きく左右される。特に小型の変位測定装置では、センサヘッドの僅かな姿勢偏位や、センサヘッドとスケール間のギャップの設計値からの僅かなずれが、特性に大きく影響する。従って、変位測定装置の組み立て時のアライメント調整

は重要であり、また組み立て後の姿勢変動を如何に抑えるかも重要であり、そのための構造上の工夫は従来より種々なされている。しかし、従来の変位測定装置には、その組み立て状態を簡便に判定するための機能は備えられていない。

ここで、変位測定装置としては、光学式エンコーダを例に挙げるが、これに限られるわけではなく、静電容量式や磁気式にも同様に適用可能である。

#### 【0028】

図9は、その様な光学式エンコーダの構成である。光学式エンコーダは、スケール50と、これに対して相対移動可能に対向配置されたセンサヘッド54とから構成される。スケール50はこの例では反射型であり、スケール基板の測定軸xに沿ってスケール目盛りである光学格子51が形成されている。センサヘッド54は、センサ基板52と光源53を有する。センサ基板52には、スケール50に照射される光源光を変調するインデックス格子55と、スケール50からの光を検出する受光素子アレイ56が形成されている。

#### 【0029】

この様なセンサヘッド54におけるセンサ基板52の、受光素子アレイ56を間に挟んだ両端部に、先に図3及び図4で説明した光スポット位置センサ2と、光ビームを出す光源57とを搭載し、光スポット位置センサ2で検出された光スポット位置からスケール50とセンサヘッド54との組み立て状態を検出する状態検出器58を設けて状態検出装置を構成している。光源57からの光ビームは、スケール50に斜め方向から入射され、スケール50からの反射光ビームが位置センサ2に入るようになっている。このとき、スケール50の光源57からの光ビームが入射する側端部までスケール格子51が形成されて、その格子面からの反射光が位置センサ2に入るようにもよいし、或いは側端部にはスケール格子51が形成されず、スケール格子51に代わって、スケール50の長手方向に連続する反射膜を形成するようにしてもよい。

また一次元的な光スポット位置変化のみを検出するのであれば、図1及び図2で説明した位置センサ1を用いることができる。

#### 【0030】

光源57は、例えば図10のように構成することができる。これは、センサ基

板52の上に、横方向に光ビームを出力するようにレーザダイオード60を配置し、その出力光ビームをミラー62により反射してセンサ基板52を透過してスケール50に斜め方向に入射させるようにしている。この様なミラー62は最近のマイクロマシニング技術により容易に形成することができる。

#### 【0031】

図11は、光源57の別の構成例である。この場合、センサ基板52のスケール側の面にレーザダイオード60を配置している。レーザダイオード60から横方向に出力する光ビームは、ミラー63により反射してスケール50に斜め方向に入射させるようにしている。ミラー63は反射面を凹面鏡としてレンズを兼ねるようにもしても良い。

#### 【0032】

なお、光スポット位置センサ2は、図12に示すように、センサ基板52をそのまま図3の基板10として用いて、受光素子アレイ56と同時に形成してもよい。或いは図13に示すように、図3及び図4で説明したインデックス基板とは独立に作られた位置センサ2を、インデックス基板52に貼り付けるようにしてもよい。

#### 【0033】

この様に、センサ基板52に搭載された位置センサ2と光源57により、光学式エンコーダの組み立て状態の検出が可能である。例えば、図14(a)は、センサ基板52がスケール50に対して平行に配置された正常状態(破線)と傾いた状態(実線)を示している。正常状態と傾いた状態とでは、図14(b)に示すように、光源57からの光ビームの位置センサ2への入射位置が異なることから、その光スポット位置検出によってセンサヘッドの傾きの程度を判定することができる。

#### 【0034】

図15は、センサヘッドとスケールとの間のエアギャップが変化する場合を示している。例えば、図15(a)に破線で示すギャップが正常状態とし、実線のようにギャップが小さくなると、光スポット位置センサ2への光スポットの入射位置が図15(b)のように変化する。従って、光スポット位置検出によってセ

ンサヘッドとスケールとのギャップの大きさを判定することができる。

#### 【0035】

センサヘッドに、複数本の異なる方向の光ビームを出力する光源と、複数の光スポット位置センサとを搭載することもできる。図16は、その様な例を示している。センサ基板52の一対角線の両端の角部に光スポット位置センサ2a, 2bが配置されている。これらの位置センサ2a, 2bに対して、スケールを介して光ビームを照射できる光源57が、残りの一つの角部に配置される。この様な構成とすれば、センサヘッドの測定軸方向の傾きと、測定軸と直交する方向の傾きを検出することができる。

#### 【0036】

ここまででは、光源57からの光ビームをスケール50に斜め方向に入射させて、その反射光ビームを位置センサ2で検出するようにしたが、光源57からの光をスケール50に垂直入射させるように構成することもできる。図17は、その様な構成例である。センサヘッドのセンサ基板52の一つの辺に沿って光スポット位置センサ2を配置する。そしてこの位置センサ2の中央部近くに、光源57を配置する。

#### 【0037】

この様な構成として、図17(b)に破線で示すように、センサ基板52がスケール50と平行の場合、光源57からの光ビームはスケール50に略垂直に入射し反射光は同じ経路を戻るようにする。実線で示すようにセンサ基板52が傾くと、光ビームはスケール50に対して傾斜した入射となり、位置センサ2に入射するスポット位置がずれる。従って、この位置ずれを検出することにより、センサヘッドの傾きを判定することができる。

#### 【0038】

ここまでに例示した光学式エンコーダでは、センサヘッドとスケールの傾きやギャップ等の状態検出を行う場合を説明したが、光スポット位置センサによる状態検出の例として、センサヘッドとスケールの平行面内での回転を検出することも可能である。通常センサヘッドはスケールの側端にペアリングを介して摺動させるが、この側端の真直度が悪いと、摺動時に回転が生じ、この回転はセンサの

出力低下をもたらす。この発明の場合、上述した回転が生じると、光スポット位置センサ上で干渉縞が生成される。この干渉縞の出力の大きさ或いは間隔を観察することにより、回転を検出することができる。この場合、右回転か左回転かを判別するためには、予め光スポットをスケールに対して所定角度、右回転又は左回転させた状態で入射させればよい。

## 【0039】

以上のように、光学式エンコーダに組み立て状態を検出する光学的な状態検出装置を搭載することにより、姿勢変動やギャップ変動等を容易にチェックすることができる。また状態検出の結果を利用して姿勢等の制御を行うフィードバック制御系を構成することにより、リアルタイムでの姿勢等の制御が可能である、また状態検出装置を構成する光スポット位置センサは、センサ基板に作り込むこともできるが、図13に示したように、別途独立に作ってセンサ基板に貼り付けることもできる。この様に、作成済みのセンサ基板に光スポット位置センサを貼り付けるようにすれば、少量多品種のエンコーダにも柔軟に対応でき、有利である。また作製温度が、Si基板に対するプロセス時の温度に対して比較的低温のため、センサ作製済みのSi基板（センサ基板）や通常のICなどに本発明による光スポット位置センサを直接作り込むことも可能である。

## 【0040】

光学式エンコーダが透過型の場合にも同様に、状態検出装置を組み込むことが可能である。この場合、状態検出装置を構成する光スポット位置センサとその光源をセンサヘッドの受光部側、即ちスケールの同じ側に配置するとすれば、透過型のスケールに光スポット位置検出のための反射膜を形成することが必要になる。

また以上では、センサヘッドの姿勢やギャップ等の組み立て状態の検出を行う例を説明したが、同様の光スポット位置センサをやはりセンサ基板に組み込むことにより、スケールの原点検出用として利用することも可能である。

## 【0041】

ここまでに説明したのは光学式エンコーダであるが、この場合、変位検出に用いるスケール照射用のメインの光源53と、光スポット位置センサ用の光源57

とが用いられる。光スポット位置センサ用の光源57は、レーザダイオードのような光ビームを出力するので、変位検出に悪影響を与えないようにすることは容易である。しかし、変位検出用光源53の出力光は所定の範囲の広がりをもってスケール50に照射されるので、これが反射されて光スポット位置センサにまで入り、位置検出のノイズになる可能性がある。

#### 【0042】

このノイズの影響を除くには、例えば、光スポット位置センサに、光源57からの光ビームのみが入るような何らかの光遮蔽構造を設けることが好ましい。或いは、二つの光源53、67の波長を異ならせることも有効である。但し、後者の場合には、変位検出用の受光素子アレイ56と、光スポット位置センサ2の受光素子アレイPDAに光学フィルタを組み合わせるか、或いは、特性の異なる別の半導体材料を用いて構成することになる。

静電容量式或いは磁気式エンコーダに適用した場合には、上述したノイズの影響はない。

#### 【0043】

またこの発明を適用できる変位検出装置は、リニアエンコーダに限られず、ロータリエンコーダや円筒、球状等のエンコーダであってもよい。

更に、ここまで光スポット位置センサの受光素子として、ストライプ状のフォトダイオードPDを用いたが、図18(a)に示すような櫛歯状パターンのフォトダイオードPD、図18(b)に示すようなドットパターンのフォトダイオードPDの配列を用いることもできる。

#### 【0044】

これまでに説明した光スポット位置センサは変位測定装置としてワーク表面の粗さや輪郭の測定にも応用することができる。

即ち、現在、光を用いたプローブ製品としては、主としてSPM(Scanning Probe Microscope)が知られている。このSPMは、プローブの変位量を光でこれを用いて検出している。しかし、その光源と光センサ(PSD)は外部に設置しているため、装置構成が複雑で大きくなり、また、基本的に接触式であるため、試料(ワーク)表面を傷つける可能性がある。また、プローブは、物理的な針で

あるため、測定対象はそのサイズ（先端形状・長さ等）によって限定されてしまう。

そこで、本発明による光スポット位置センサを搭載した非接触式カンチレバーを使用して非接触型の微小穴測定機や表面粗さ計を実現することができる。

図19は、二次元位置センサ2を適用した非接触式カンチレバー9aの要部を、図20は、同カンチレバーの使用時の様子を示している。

同カンチレバーにおいて、カンチレバー本体91はSiやSi窒化膜等を材料とした測定軸方向（同図中x軸方向）に延びる部材である。二次元位置センサ2と、レーザーダイオード等の発光素子を備えてなる光源57とは、互いに所定の間隔をもってカンチレバー本体91の下面先端側に長手方向に配列されている。

カンチレバー本体91とワークWを測定軸方向へ相対的に移動させることにより、検出器71が、二次元位置センサ2の光ビーム検出位置からワークWの被測定面の輪郭及び表面粗さ等を検出する。

#### 【0045】

図21は、位置センサ2と光源57の位置関係のいくつかの例を示している。同図(a)に示す非接触式カンチレバー9aは、上述したように、位置センサ2と光源57が長手方向に配列されたものである。同図(b)に示す非接触式カンチレバー9bは、位置センサ2と光源57が長手方向と垂直な方向（同図中y軸方向）に配列されている。同図(c)に示す非接触式カンチレバー9cは、位置センサ2と光源57が同図(a)、(b)の配置を組み合わせた配置となっている。同図(d)に示す非接触式カンチレバー9dは、光源57と位置センサ2との位置関係を保ちながら、同図中x-y平面内で任意の角度、例えば45°だけ回転させて配置されている。同図(e)に示す非接触式カンチレバー9eは、同図(d)の配置と、この(d)の配置と交差する配置とを組み合わせた配置となっている。

なお、これらのカンチレバー9a～9eにおいて、位置センサ2と光源57との位置関係は逆転していても良い。

#### 【0046】

図22は、カンチレバー本体91に、カンチレバー本体91の先端をワークW

との対向方向、又はカンチレバー本体91のねじれ方向に変位させるバイメタルやピエゾ素子等からなる変位デバイス92が作りこまれている非接触式カンチレバー9'を示している。変位制御部81は、光源57からの光ビームの反射位置を常に一定位置に留めるようなフィードバック制御を行う。検出部71は、このときのフィードバック信号からワークWの被測定面の輪郭及び表面粗さ等を検出する。これによってもワークの輪郭・表面粗さ測定ができる。このようにすることで、より形状変化の大きいワーク表面の輪郭・粗さ測定にも対応可能となる。

#### 【0047】

図23は、垂直入射式の非接触式カンチレバー9"を、図24は同カンチレバーの使用時の様子を示している。この非接触式カンチレバー9"においては、光源57はカンチレバー本体91の底面に配置されている位置センサ2の中央部に配置されており、光源57からの光ビームはワーク表面に対して垂直方向に照射する。位置センサ2は、光源57から照射されワーク表面で反射して得られる光スポットを検出する。

よって、上述の非接触式カンチレバー9a～9eと同様に、ワーク表面の形状変化に対応して光ビームの反射位置や光スポットの形状が変化するため、これらを検出することにより、ワーク表面の輪郭・粗さ測定が可能となる。同図に示す例においては、位置センサとして一体型の比較的大きなものを採用したが、この他、複数の位置センサを任意の位置に配置することも可能である。

#### 【0048】

また、上述した全ての非接触式カンチレバーにおいて、位置センサ及び光源の配置方法は例えば、(1)位置センサ及び光源が共にカンチレバー本体のワークと対向する側の面上に配置されている場合、(2)位置センサがカンチレバー本体のワークと対向する側の面上に、光源がカンチレバー本体のワークと対向しない側の面上に配置されている場合、(3)光源がカンチレバー本体のワークと対向する側の面上に、位置センサがカンチレバー本体のワークと対向しない側の面上に配置されている場合、(4)位置センサ及び光源が共にカンチレバー本体のワークと対向しない側の面上に配置されている場合、の4通りが考えられる。

このように、上述した非接触式カンチレバーによれば、小穴の内周面等の従来

測定の困難であった微小測定部分の表面粗さ・輪郭測定を実現することができる。また、本形態ではアモルファスSi等から二次元位置センサを作成しているため、センサにCCD等を適用するよりもコストが低く、サイズも小型化することができる上、小型化によるクロストークが発生しにくい。

更に、この形態では、カンチレバー本体に位置センサ及び光源が作りこまれているため、外部の光源やPSDを必要としない。また、位置センサ等の設計は任意に行えるため、測定精度や測定範囲に応じた小型の非接触式カンチレバーを提供することができる。また、本形態に係る非接触式カンチレバーは物理的なプローブを必要としないため、プローブの先端形状や長さ等による制約を受けることがない。よって、カンチレバー本体の外径よりも僅かに大きい程度の内径をもつ小穴の測定も可能である。

#### 【0049】

また、本形態に係る非接触式カンチレバーでは、ワーク表面における光源からの光ビームが当たった部分の粗さ・輪郭の測定、すなわち測定軸を含む垂直平面内における座標測定のみではなく、光ビームが当たった部分の傾斜情報も得ることが可能となる。

よって、本非接触式カンチレバーにより得られる測定データによれば、例えば測定したワーク表面の三次元データを基にソリッドモデル等を作成する際に、測定データの各測定点間での補間精度を向上させることができる。

#### 【0050】

また、傾斜情報を含まない粗さ・輪郭等の一次元的な位置情報のみを検出するのであれば、位置センサ2の代わりに図1及び図2において示した位置センサ1を用いることができる。

#### 【0051】

##### 【発明の効果】

以上述べたようにこの発明による光スポット位置センサは、適当な基板上に堆積した半導体層を用いて互いに絶縁分離された受光素子アレイを形成して得られる。従って構造や製造プロセスも簡単であり、任意の形状、大きさのものが容易に製造できる。

またこの発明による変位測定装置は、上述のような光スポット位置センサ等を用いて構成される光学式の状態検出装置を組み込むことにより、センサヘッドとスケールの組み立て状態を簡便に判定することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態による光スポット位置センサの構成を示す平面図である。

【図2】 図1のA-A'断面図である。

【図3】 この発明の別の実施の形態による光スポット位置センサの構成を示す平面図である。

【図4】 図3のB-B'断面図である。

【図5】 他の実施の形態の位置センサの断面図である。

【図6】 他の実施の形態の位置センサの断面図である。

【図7】 他の実施の形態による位置センサの位置検出法を示す図である。

【図8】 同実施の形態の位置検出の原理を説明するための波形図である。

【図9】 この発明の実施の形態による光学式エンコーダの構成を示す図である。

【図10】 図9における位置検出用光源57の構成例を示す図である。

【図11】 図9における位置検出用光源57の他の構成例を示す図である

【図12】 図9における位置センサ2の構成例を示す図である。

【図13】 図9における位置センサ2の構成例を示す図である。

【図14】 位置センサによる傾き検出の原理を説明するための図である。

【図15】 位置センサによるギャップ検出の原理を説明するための図である。

【図16】 他の実施の形態による光学式エンコーダのインデックス基板の構成を示す図である。

【図17】 他の実施の形態による光学式エンコーダのインデックス基板の構成とその傾き検出の原理を説明するための図である。

【図18】 位置センサに用いる受光素子の他のパターン例を示す図である

【図19】二次元位置センサを適用した非接触式カンチレバーの要部を示す図である。

【図20】同カンチレバーの使用時の様子を示す図である。

【図21】位置センサと光源の位置関係のいくつかの例を示す図である。

【図22】変位デバイスが作りこまれている非接触式カンチレバーを示す図である。

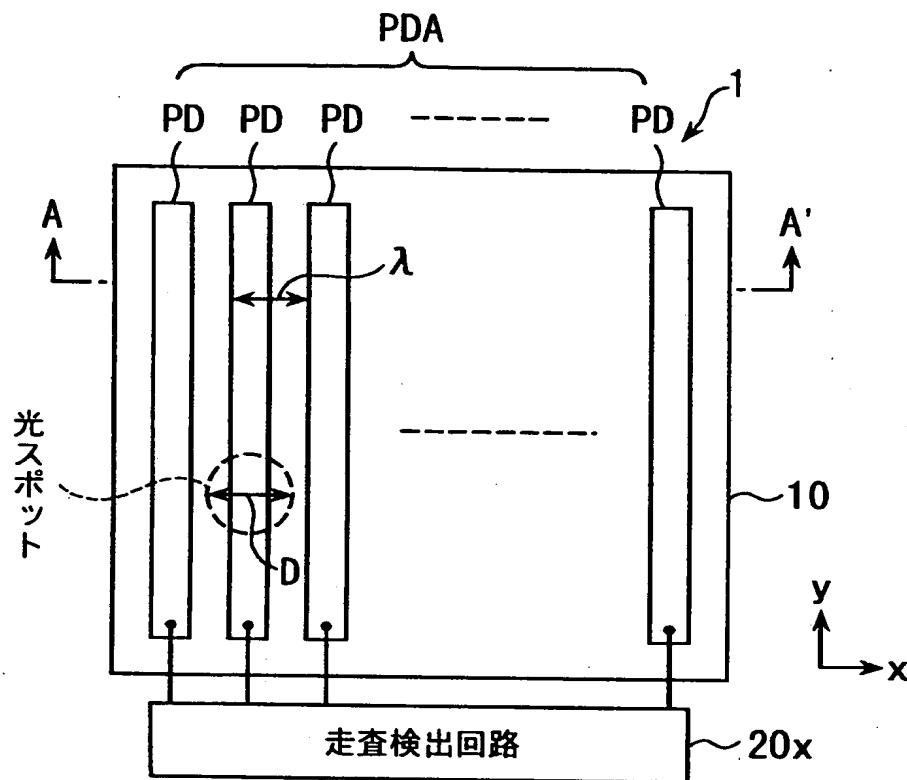
【図23】垂直入射式の非接触式カンチレバーを示す図である。

【図24】同カンチレバーの使用時の様子を示す図である。

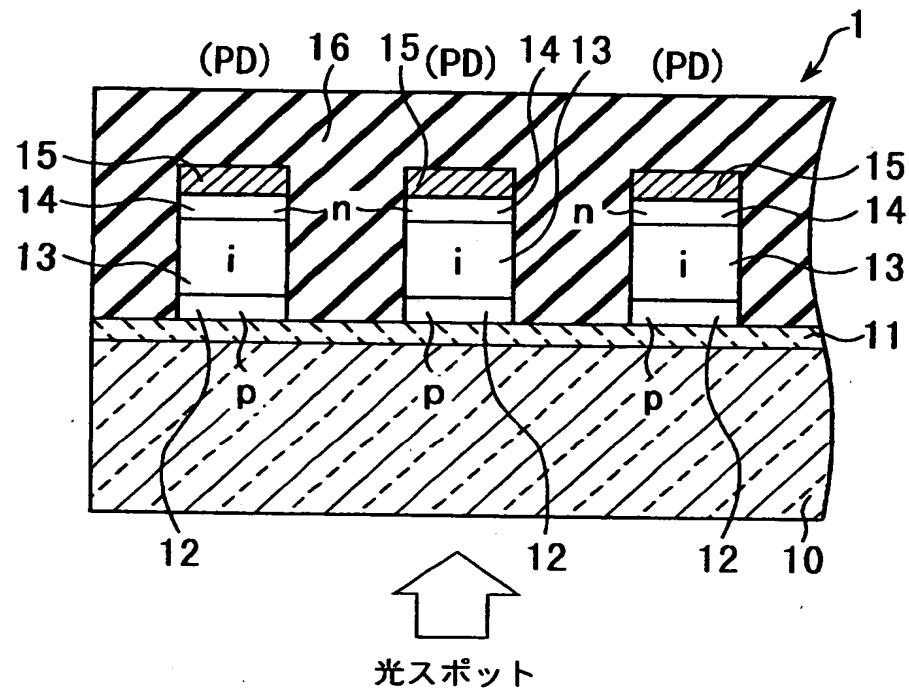
【符号の説明】 1, 2 … 光スポット位置センサ、 10 … 基板、 11, 21 … 透明電極、 12, 22 … p型アモルファス半導体層、 13, 23 … i型アモルファス半導体層、 14, 24 … n型アモルファス半導体層、 15, 25 … 上部電極、 16, 26 … 保護膜、 PD … フォトダイオード、 PDA, PDA1, PDA2 … 受光素子アレイ、 20x, 20y … 走査検出回路、 41x, 41y … 出力信号線、 42x, 42y … 検出回路、 43 … 光パルス発生器、 50 … スケール、 52 … センサ基板、 54 … センサヘッド、 55 … インデックス格子、 56 … 受光素子アレイ、 57 … 光源、 9a, 9b, 9c, 9d, 9e, 9', 9" … 非接触式カンチレバー、 91 … カンチレバー本体、 92 … 変位デバイス、 W … ワーク。

【書類名】 図面

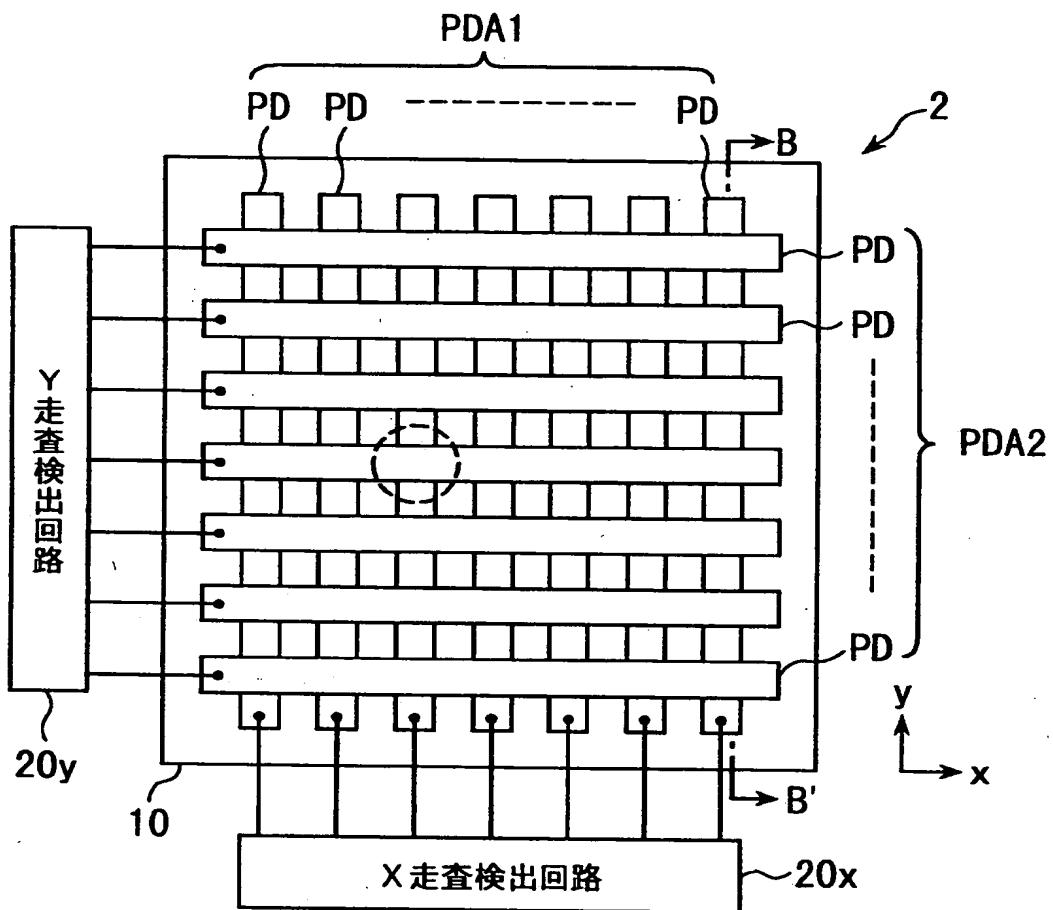
【図1】



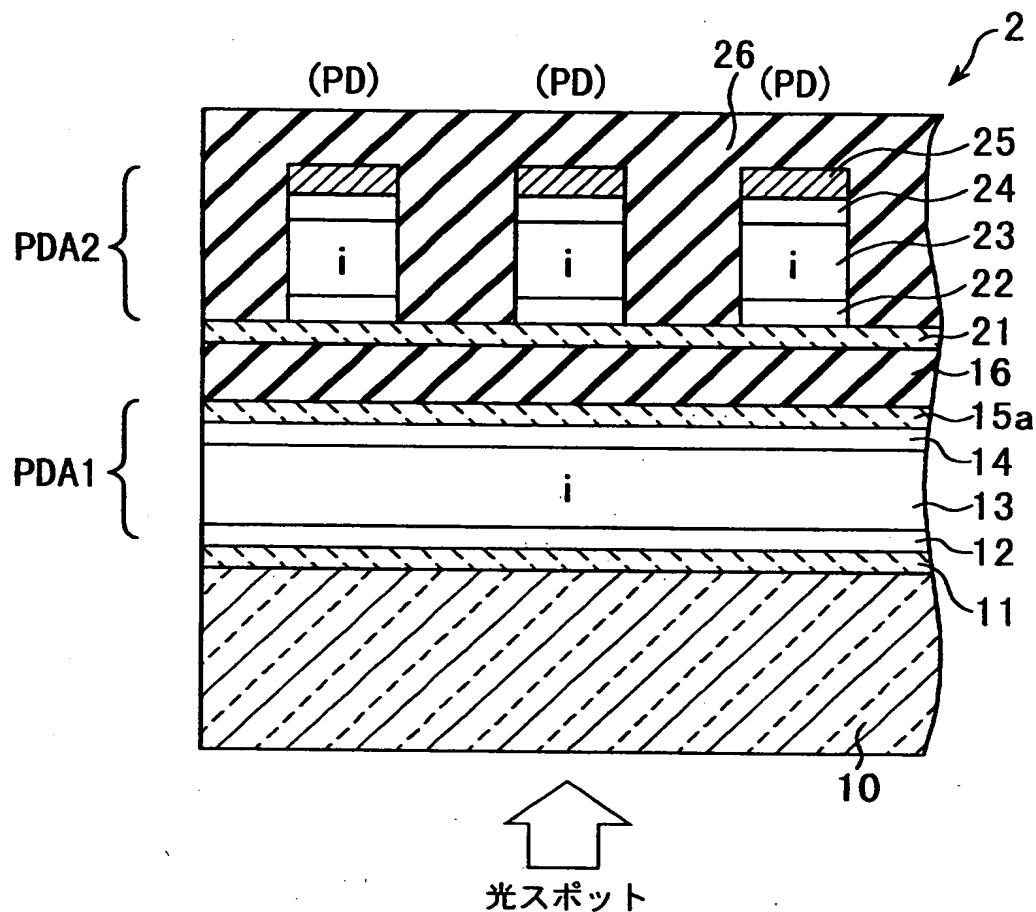
【図2】



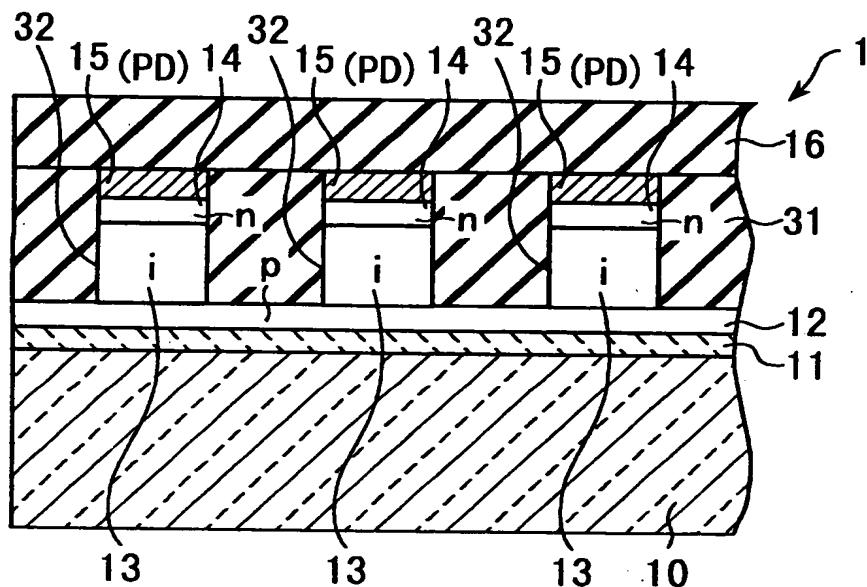
【図3】



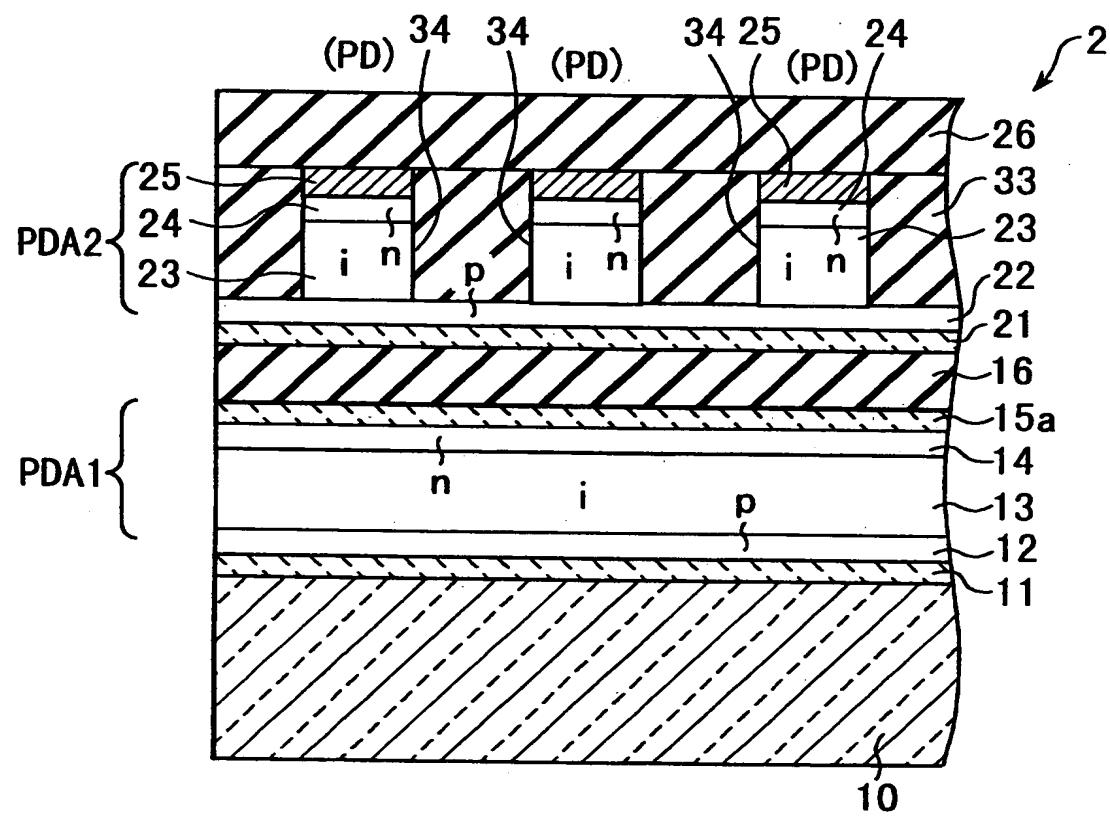
【図4】



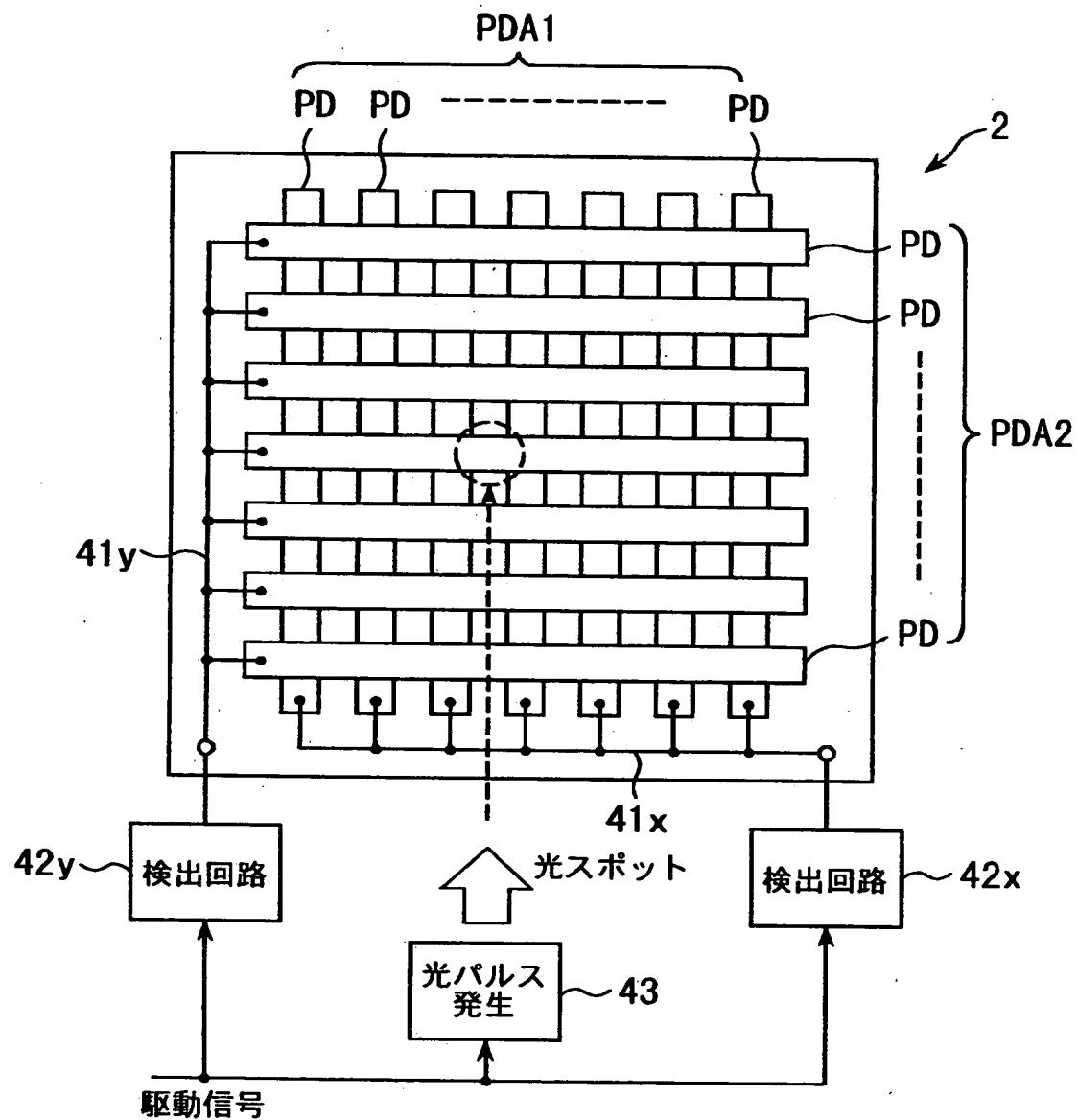
【図5】



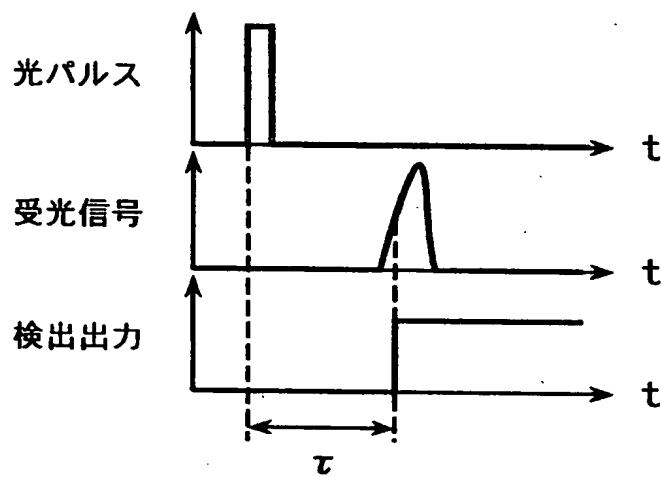
【図6】



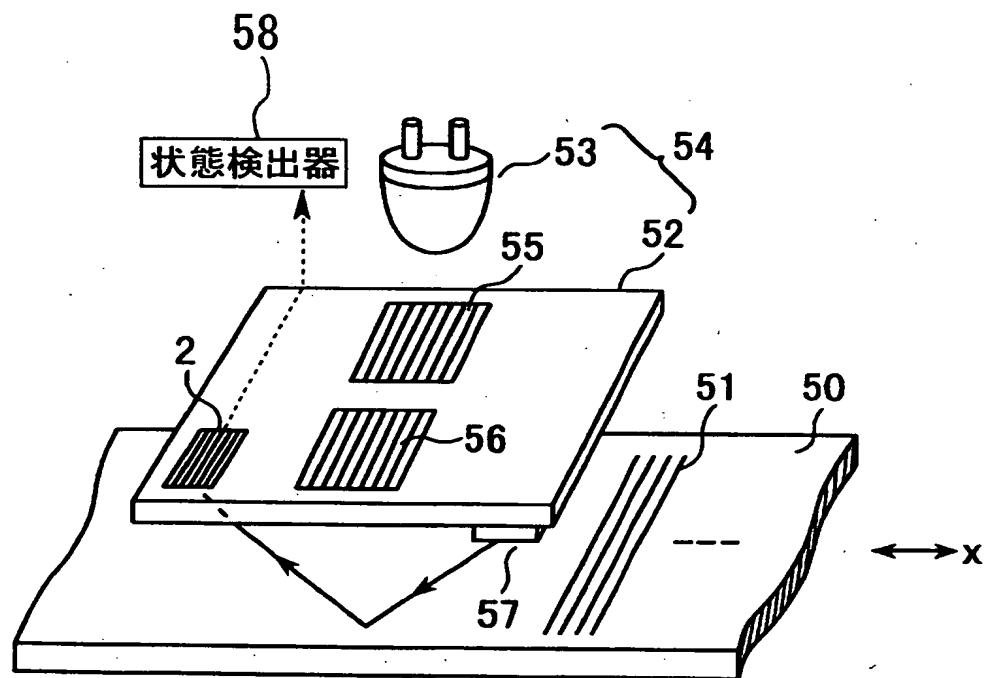
【図7】



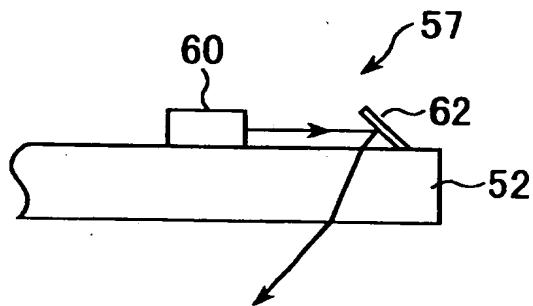
【図8】



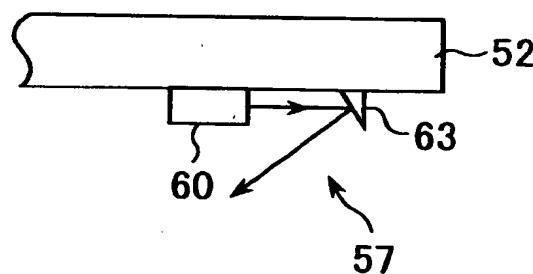
【図9】



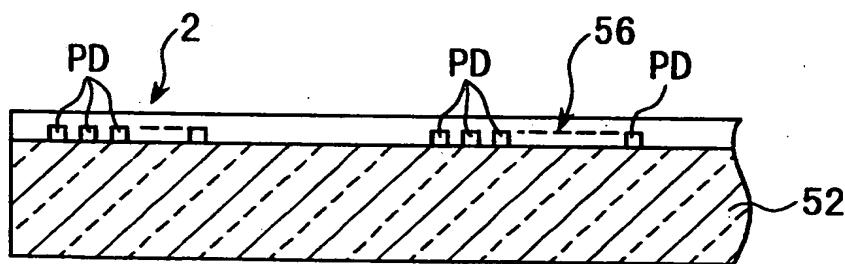
【図10】



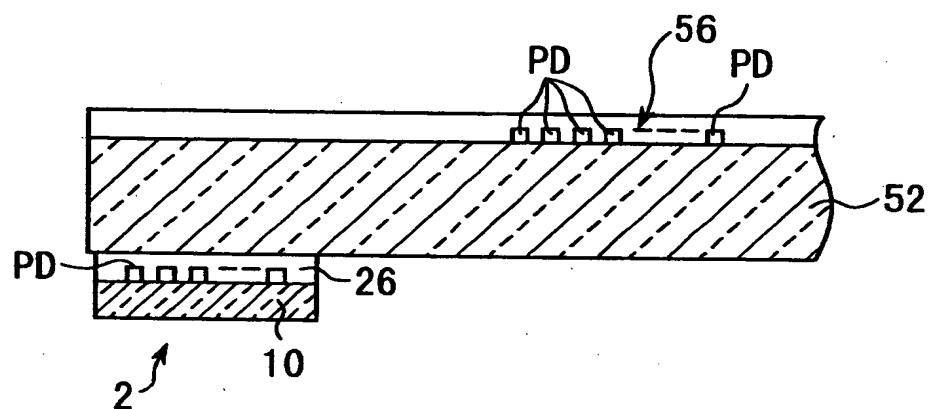
【図11】



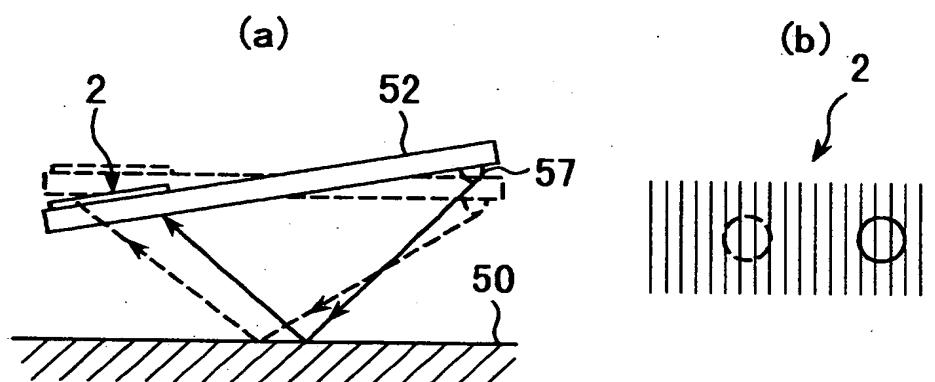
【図12】



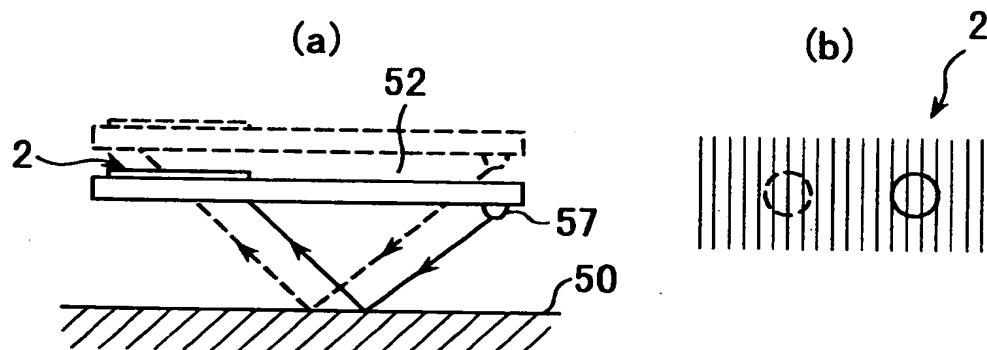
【図13】



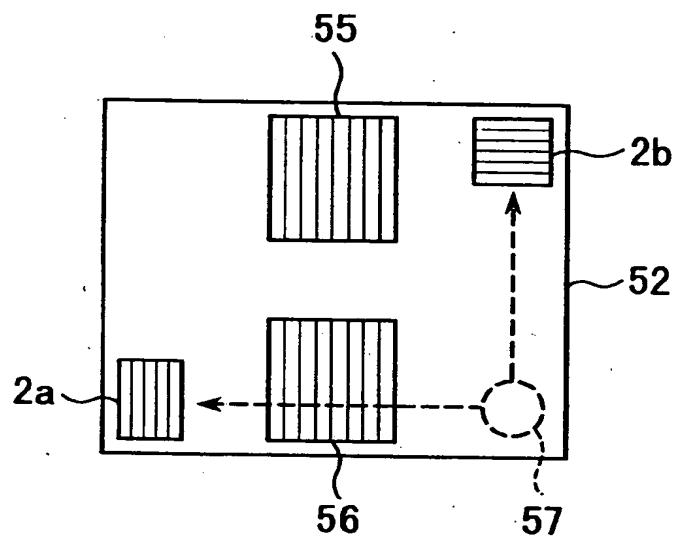
【図14】



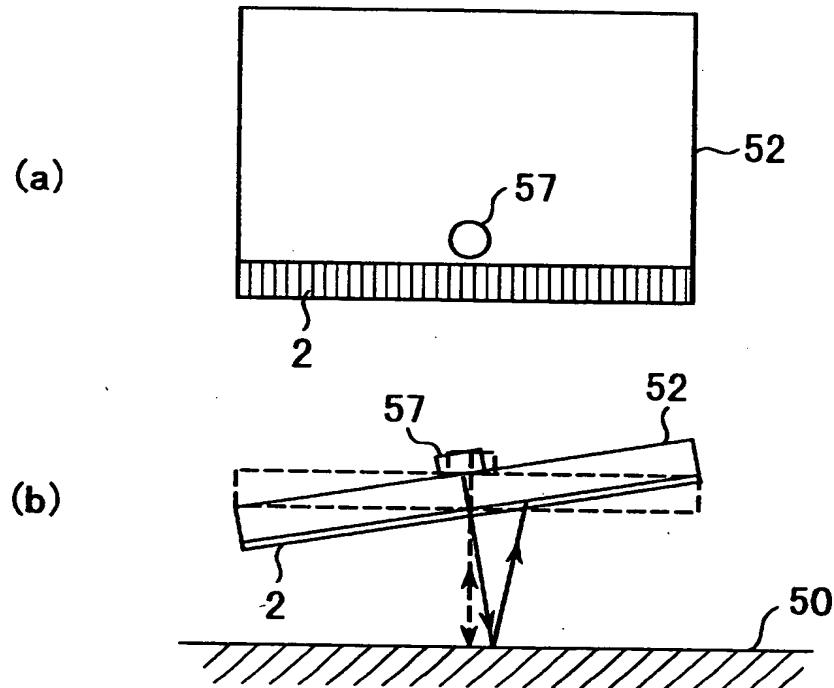
【図15】



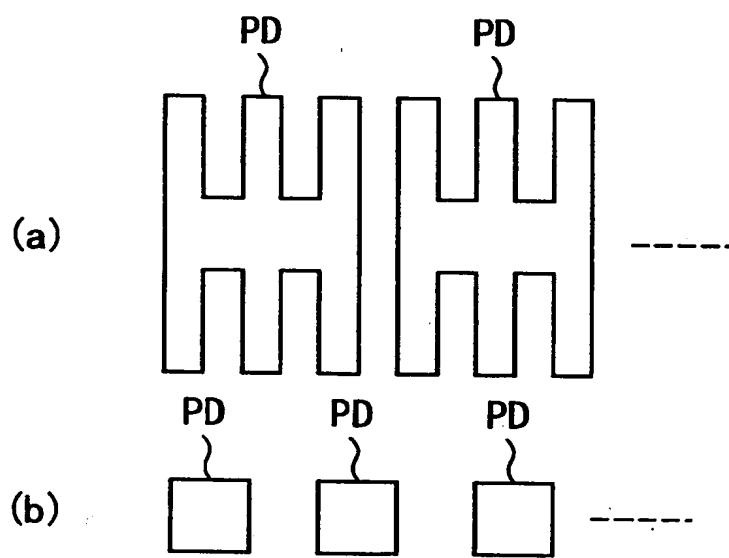
【図16】



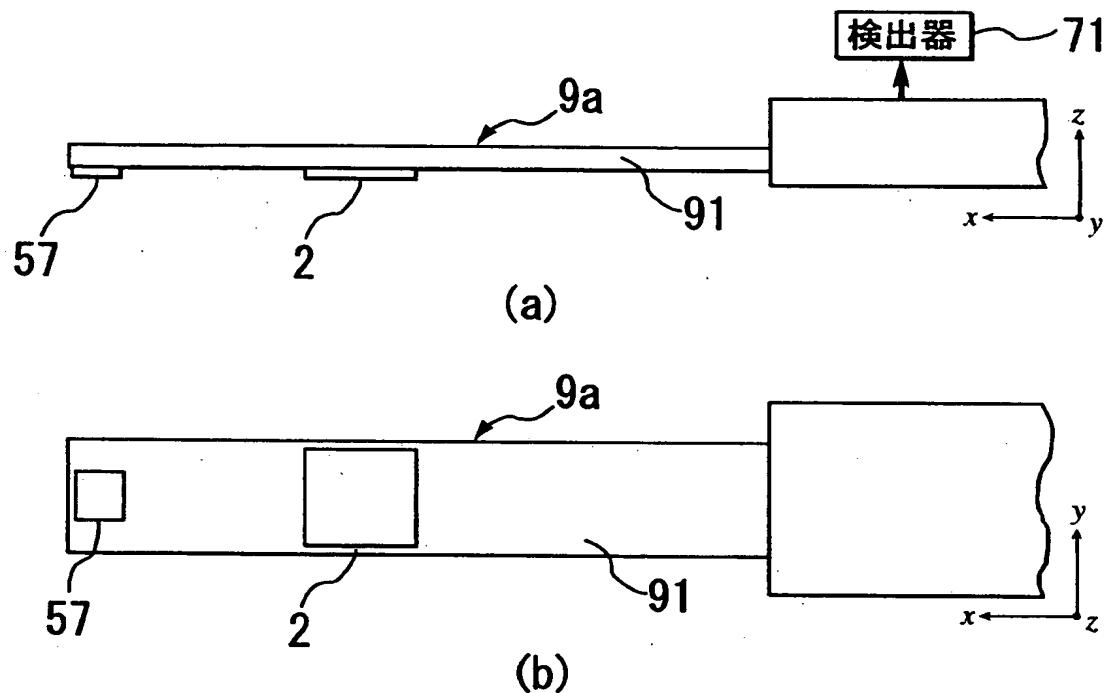
【図17】



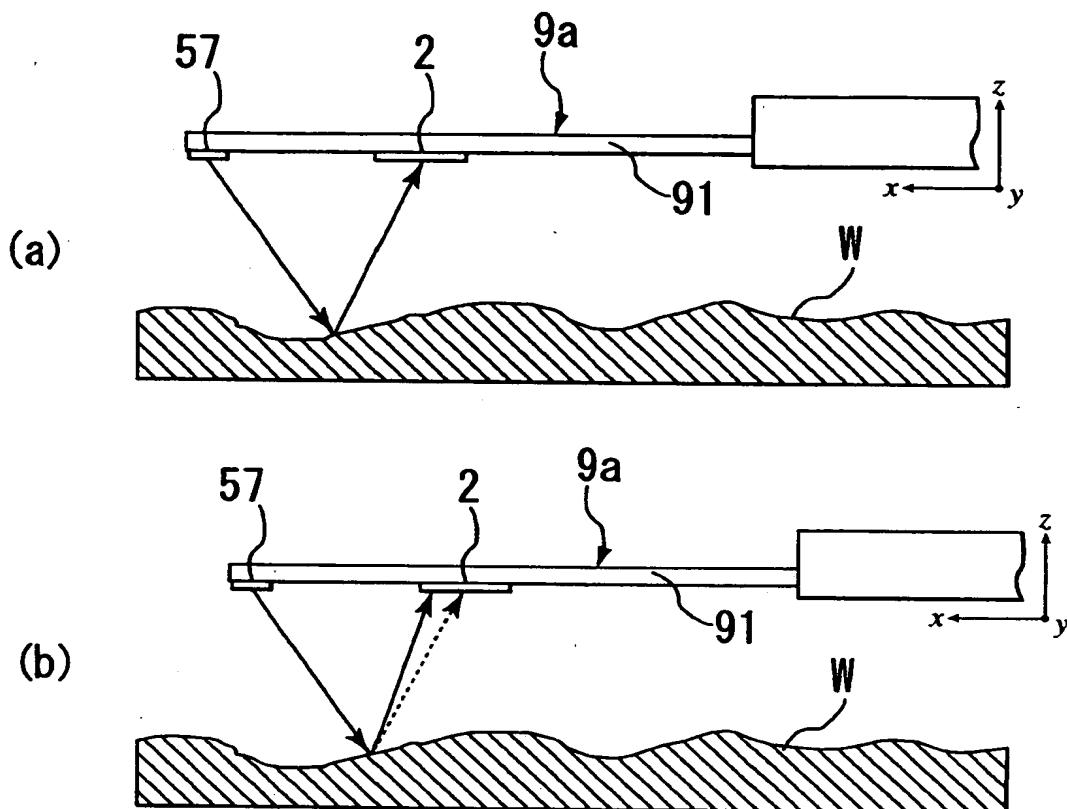
【図18】



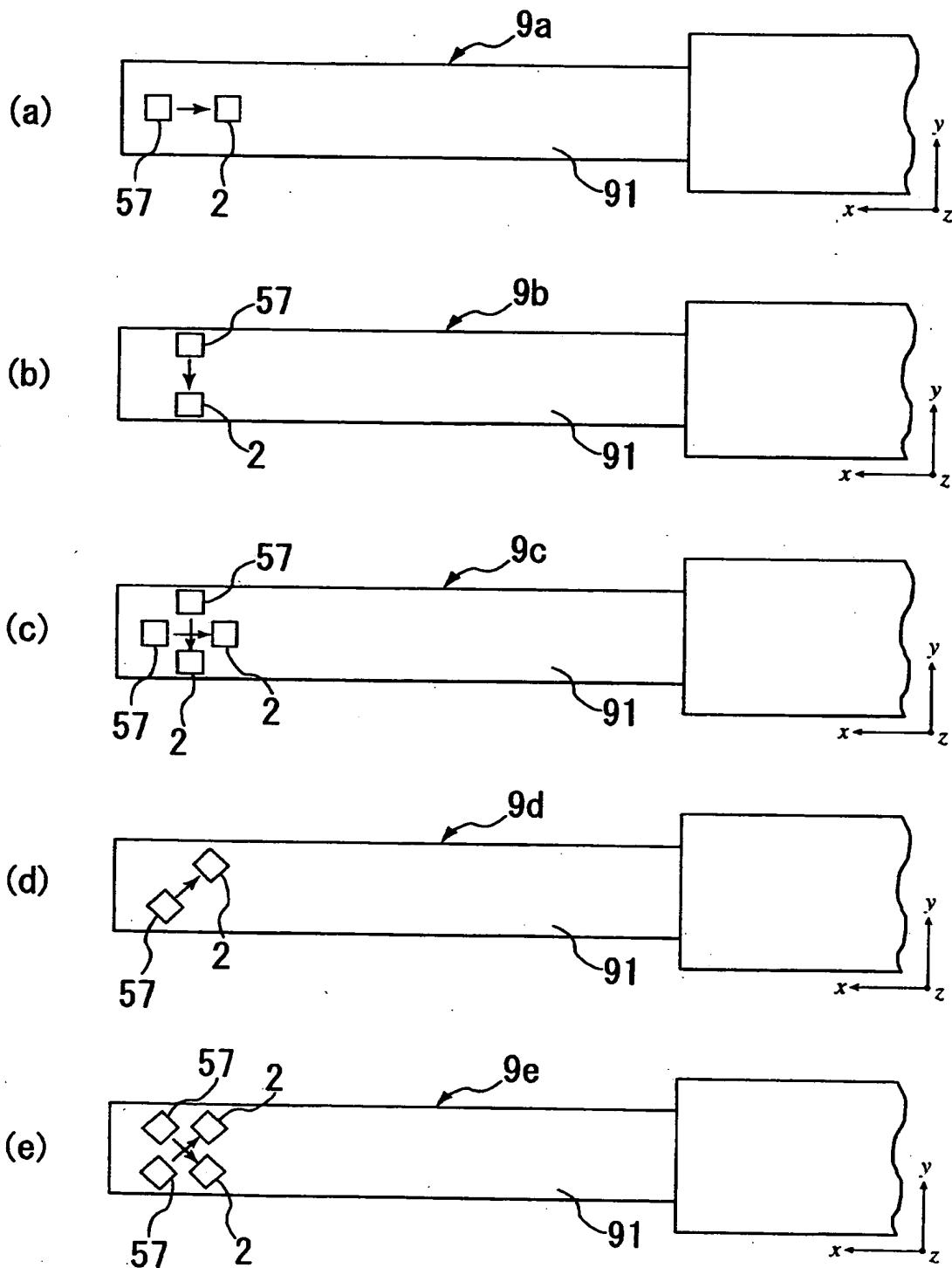
【図19】



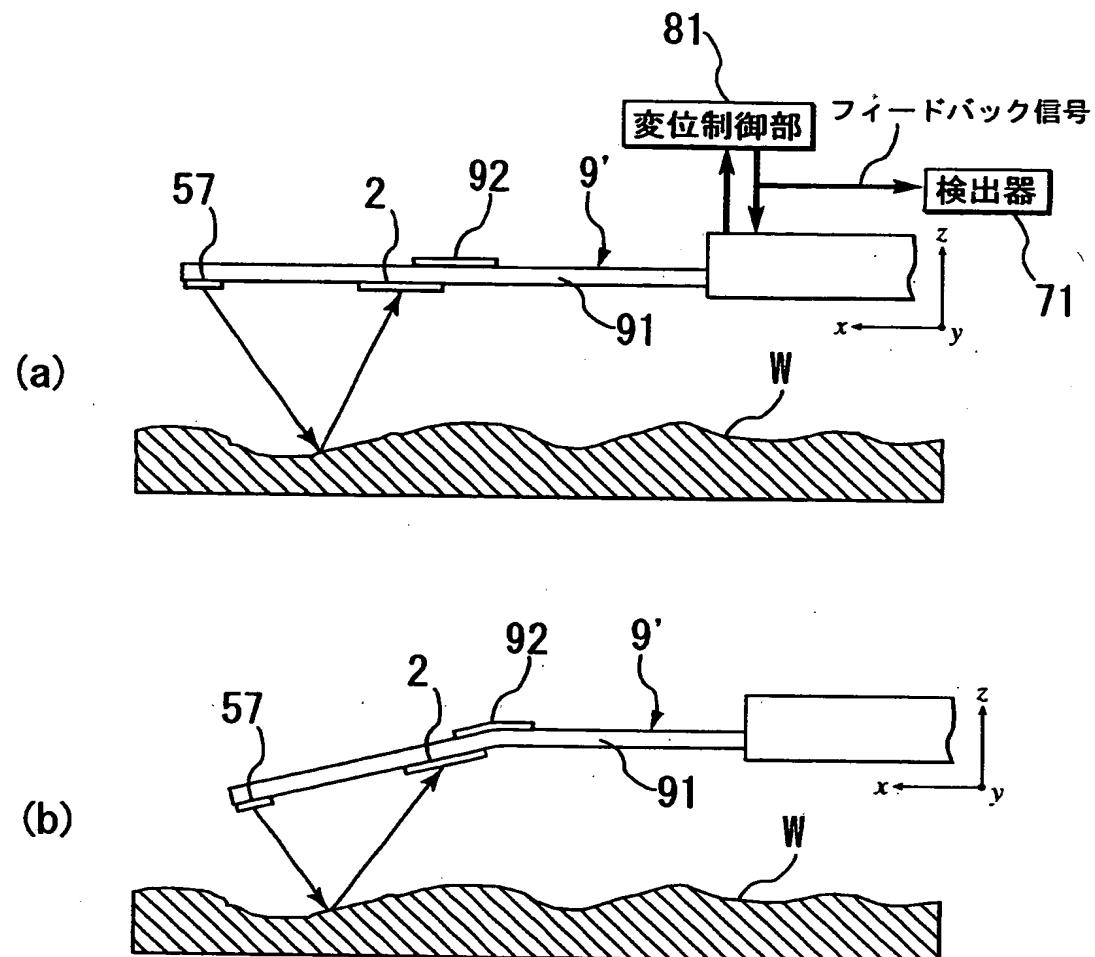
【図20】



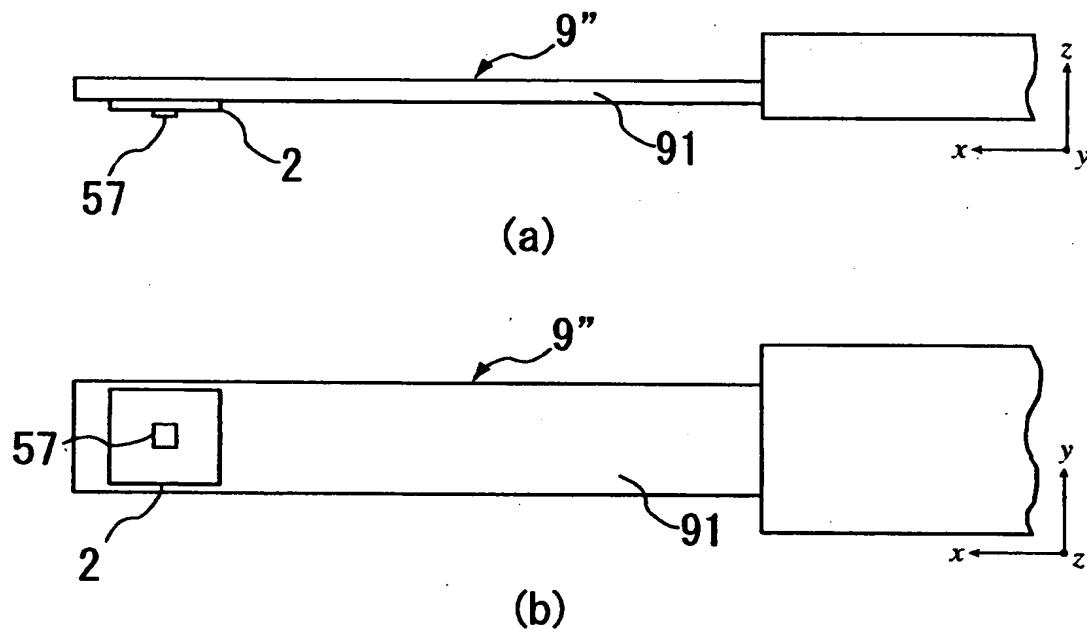
【図21】



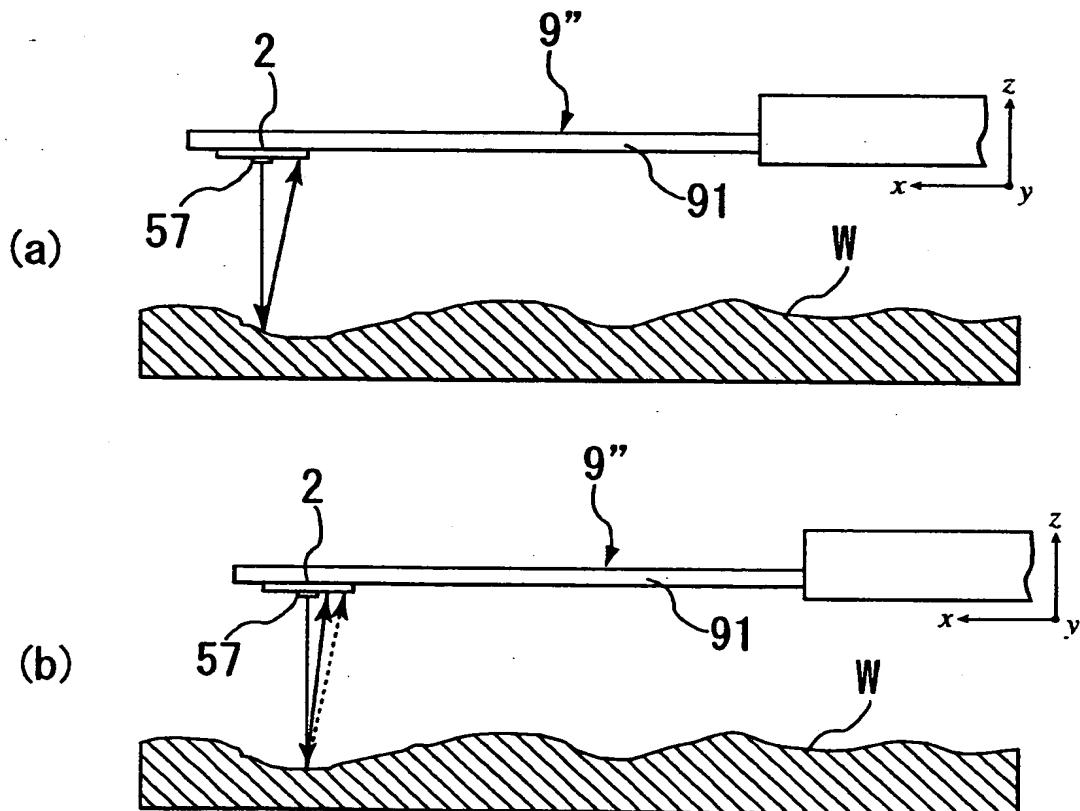
【図22】



【図23】



【図24】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 組み立て状態を光学的に簡便に判定可能とした変位測定装置、及びその様な変位測定装置の組み立て状態の判定等に適用して有用な光スポット位置センサを提供する。

【解決手段】 光学式エンコーダは、スケール50とこれに相対移動可能に対向配置されたセンサヘッド54とを備えて構成される。センサヘッド54のセンサ基板52には、インデックス格子55と受光素子アレイ56が形成される。センサ基板52にはまた、光スポット位置センサ2と、スケール50を介して光スポット位置センサ2に入射する光ビームを出力する光源57とを搭載して、組み立て状態を検出する状態検出装置が構成されている。

【選択図】 図9

出願人履歴情報

識別番号 [000137694]

1. 変更年月日 1996年 2月14日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

氏 名 株式会社ミツトヨ